

深層混合処理工法による高強度地盤改良体の施工事例

(株) 竹中土木
(株) 竹中土木
(株) 竹中土木

正会員
正会員
正会員

○植松 佑太
川口 育久
小西 一生

1. はじめに

軟弱地盤の地盤改良工法として深層混合処理工法がある。その用途は構造物の直接基礎や、液状化対策などである。当社は機械攪拌式深層混合処理工法「DCM-L 工法」を保有しているが、近年多発する巨大地震に対応するため、地盤改良体の高強度化のニーズが増加している。この度その対策として、改良体の高強度化（設計基準強度の上限を 3,000kN/m² から 5,000kN/m²）に伴い技術性能証明の改定¹⁾を行った。本報では、改定後初となる建物下の格子状地盤改良への適用事例について報告する。

2. 工事概要

本地盤改良工事は、東京都区内のマンション新築工事において、地盤の液状化を防止する格子状地盤改良と、既成杭を併用して建物の支持力の一部を受け持つ「高耐力パイルド・ラフト基礎」として設計されている。図-1に地盤改良体の平面配置、図-2にボーリング柱状図を、また表-1に地盤改良体の仕様・施工数量を示す。施工対象地盤は、GL-1.7mまで埋土（F）, GL-1.7m～-4.7mまで粘性土層（Yuc）, GL-4.7m～-7.2mまで砂質土層（Yus）, GL-7.2m以下は粘性土層（Ylc1）の地盤が続いており、それらに対しΦ1,000mm×4軸が1セットの地盤改良体をGL-5.2m～GL-16.4mで構築した。

3. 使用材料および室内配合試験

施工に先立ち、原位置施工におけるセメント添加量を設定するため室内配合試験を実施した。土質試料は、原地盤よりボーリングで採取した粘性土を用いた。配合強度は日本建築センター指針²⁾に基づき設定した。

本工法では、地盤改良体の高強度化に伴いセメントスラリーの注入量が多くなるため、地盤とセメントミルクを均質に効率よく攪拌するための対象土質に適応した攪拌羽切回数と、それによって得られる現地/室内強度比 α_n を設定している¹⁾。設計基準強度 $F_c=3,600\text{kN/m}^2$ 、変動係数 $V_d=30\%$ 、不良率 $p=10\%$ 、割増係数 $\alpha_t=1.792$ 、現地/室内強度比 $\alpha_n=0.8$ ¹⁾より、室内配合強度 $X_L=8,064\text{kN/m}^2$ となる。表-2に算定の詳細を示す。図-3に示す配合試験結果から、セメント添加量は 340kg/m^3 （高炉セメントB種）とした。水セメント比は施工性と発現強度のバランスから $W/C=70\%$ としている。表-3に配合条件を示す。

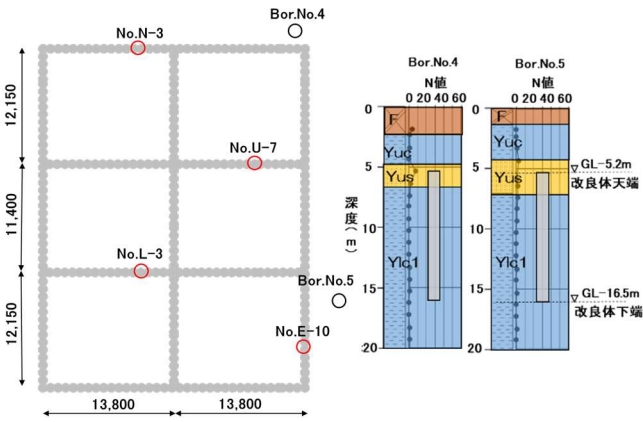


図-1 地盤改良体の平面配置 図-2 ボーリング柱状図

仕様・施工数量	
設計基準強度: F_c (kN/m ²)	3,600
改良径 (mm)	1,000mm × 4軸
基本改良形状	
改良長: L (m) (施工長－空堀長)	11.2 (16.4-5.2)
改良体セット数(セット)	70

室内配合強度の算定		
配合強度 $X_F = F_c \cdot \alpha_t$	F_c : 設計基準強度 (kN/m ²)	3,600
	V_c : 配合管理で目標とする変動係数	0.30
	V_d : 設計で想定する変動係数	0.30
	α_t : 割増し係数(抜取箇所数 $N=12$)	1.792
	X_F : 配合強度 (kN/m ²)	6,451.2
室内配合強度 $X_L = X_F / \alpha_n$ (λ)	α_n (λ): 現地/室内配合強度比	0.8
	X_L : 室内配合強度 (kN/m ²)	8,064

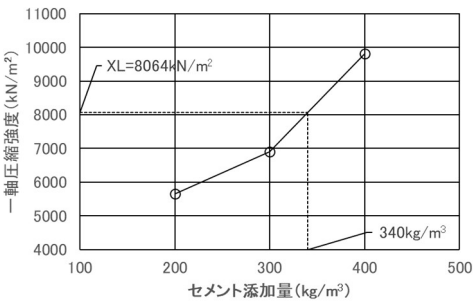


図-3 室内配合試験の結果

配合条件		
	設計基準強度: F_c (kN/m ²)	高炉セメントB種 (kg/m ³)
粘性土地盤	3,600	340
		W/C (%)
		70

キーワード 深層混合処理工法, 高強度地盤改良, 液状化対策
連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 (株)竹中土木技術・生産本部 TEL 03-6810-6215

4. 地盤改良体の造成・施工サイクル

本施工では、改良径1.0m、軸間0.8m、4段の攪拌翼を有する4軸の深層混合処理機を用い、貫入・引抜き速度を適切に設定することで、羽切回数700回/m¹以上を確保した。セメントミルクの注入率35%の貫入吐出施工で改良体を造成した。図-4に施工手順・サイクルを示す。施工は、前述の必要羽切回数を確保するため貫入・引抜き速度を0.6m/分に設定し、全15日間の施工で、施工長16.0mの改良体を1日当たり平均5セットのペースで施工が可能であった。また高強度化により懸念された改良体同士のラップ施工についても、翌日であれば問題なく掘削・攪拌が可能であり、中1日以上施工間隔があく場合のみ、事前空堀等の対策を行い施工可能であることを確認した。

5. 強度調査結果

改良体の品質を確認するため、改良体から全長コアを採取し一軸圧縮強度試験を実施した。採取位置を図-1（赤○印）に、また材令28日の一軸圧縮強度の深度分布を図-5に示す。調査結果から、原位置に施工した改良体コアの平均強度 X_n が、全深度にわたり合格判定値 $X_L=5,902\text{kN/m}^2$ を上回っていることを確認できた。採取したコアの写真を図-6に示す。変動係数は、表-4に示すとおりであり、ばらつきの少ない改良体の施工を確認出来た。

以上により、粘性土地盤において、「DCM-L 工法」による高強度地盤改良技術の適用が可能であることが検証できたと考える。

6. まとめ

深層混合処理工法「DCM-L工法」の高強度化施工の事例を紹介した。

- ①粘土質シルト地盤では、本工法で規定した施工法により、設計基準強度 $F_c=3,600\text{kN/m}^2$ の本設高強度地盤改良が可能であることを確認した。
- ②施工サイクルタイムは、施工長16.0mの改良体を平均5セット/日で施工可能であった。
- ③ラップ施工も可能であることを確認した。

今後は、別の地盤条件下でも検証する予定である。

【謝辞】

本施工にあたり、(株) 竹中工務店の西 嘉和氏にご支援頂きました。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】

- 1)GBRC 性能証明 第03-12号 改2「DCM-L工法」,2018.7
- 2)日本建築センター他,建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針,2018.11

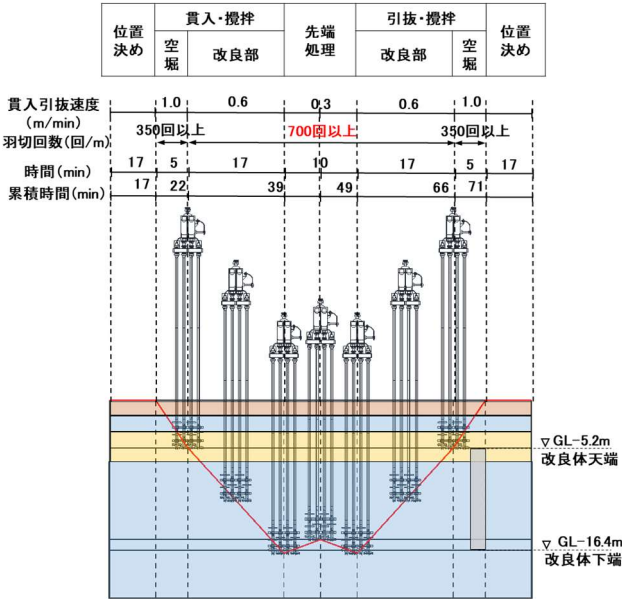


図-4 施工手順・サイクル

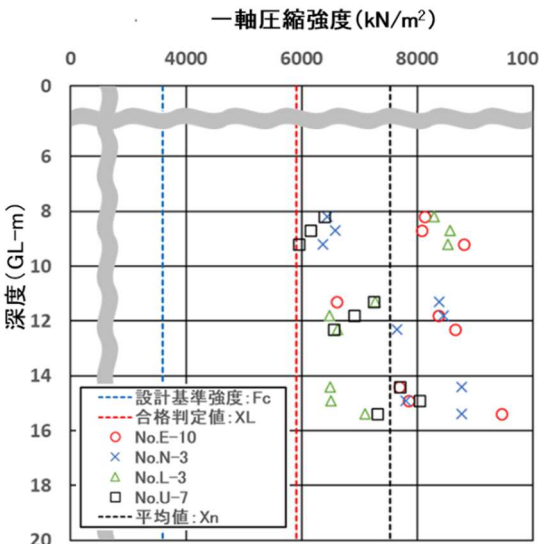


図-5 一軸圧縮強度の強度分布

コア写真 No.E-10(コア採取率100%)		
深度		深度
(GL-5.2m)		(GL-6.2m)
(GL-6.2m)		(GL-7.2m)
(GL-7.2m)		(GL-8.2m)
(GL-8.2m)		(GL-9.2m)
(GL-9.2m)		(GL-10.2m)

図-6 採取したコアの写真

表-4 変動係数

変動係数: V_d (%)	位置	E-10	N-3	L-3	U-7
	上層 (GL-8.20~9.20)	4.9	1.7	1.8	3.5
	中層 (GL-11.30~12.30)	14.1	5.5	6.2	5.0
	下層 (GL-14.40~15.40)	11.7	6.6	5.1	4.7
	地点別	9.8	12.9	12.4	10.3
	全体	12.6			